FLUSS UND MORPHOLOGIE VON HAEMODIALYSEFISTELN

Indirekte cw-Doppler-Methode in Korrelation zum angiographischen Bild

Gabriele Ilmer

Diss
München
1984

Aus dem Städtischen Krankenhaus München Harlaching

Chefarzt der II. Medizinischen Abteilung Prof. Dr. med. H. Edel

FLUSS UND MORPHOLOGIE VON HAEMODIALYSEFISTELN

Indirekte cw-Doppler-Methode in Korrelation zum angiographischen Bild

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Gabriele Ilmer
aus
München

Jahr
1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.med. H. Edel
Mitberichterstatter: Prof.Dr.med. E. Buchborn
Dekan: Prof.Dr.med. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 8. November 1984

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Meiner Familie

INHALTSVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG 1

1. Einführung in die Problematik der Hämodialyse und ihre klinische Überwachung 1

2. Ziel der Arbeit 6

II. METHODIK UND VERWENDETE GERÄTE 9

1. Direktionale cw-Dopplersonographie 9

1.1. Technische Daten und Arbeitsweise 9

1.2. Kurvenbeispiele und Auswertung der Kurven 12

2. Angiographie 14

2.1. Technische Daten und Arbeitsweise 14

2.2. Auswertung der Angiographie 15

3. Eigene Methodik 18

3.1. Ausmessung der Fistel 18

3.2. Berechnung der Gefäßdurchmesser 19

3.3. Wahl des Bezugspunktes zur Beurteilung des Stenosierungsgrades 20

3.4. Einteilung der stenosierten Gefäßabschnitte im angiographischen Röntgenbild 21

III. ERGEBNISSE 22

1. Retrospektive offene Studie
Patientenbeschreibung 22

2. Prospektive Studie
Patientenbeschreibung 27

3. Meßergebnisse der retrospektiven
offenen Studie 32

3.1. Verteilung der morphologischen
Veränderungen 36

3.2. Zuordnung von Stenosegraden zur
enddiastolischen Frequenzverschiebung 39

4. Meßergebnisse der prospektiven Studie 42

4.1. Enddiastolische Frequenzverschiebungen
vor und nach elektiver Operation 43

4.2. Verteilung der morphologischen
Veränderungen 49

4.3. Zuordnung von Stenosegraden zur
enddiastolischen Frequenzverschiebung 51

IV. DISKUSSION 52

V. ZUSAMMENFASSUNG 57

VI. LITERATURNACHWEIS 60

VII. VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN 64

VIII. VERZEICHNIS DER TABELLEN 65

IX. DANKSAGUNG 66

X. LEBENSLAUF 67

I. EINLEITUNG

1. Einführung in die Problematik der Hämodialyse und ihre klinische Überwachung

Die Hämodialyse ist in der Medizin ein noch junges Verfahren, das in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen hat. Die Dauerdialyse, die seit Anfang der 60er Jahre durchgeführt wird, ist zum jetzigen Zeitpunkt auf eine jährliche Behandlungszahl von ca. 12000 in Deutschland (lt. EDTA 1982 - 9-) und ca. 53800 Patienten (lt. EDTA 1982 - 9) in der ganzen Welt angestiegen.

Voraussetzung für eine Dauerdialysebehandlung ist der leichte Zugang zum Blutgefäßsystem des Patienten. Als erstes wurde dafür der von Quinton, Dillard und Scribner (16) 1960 entwickelte und nach ihnen benannte extracorporale Plastikshunt benutzt.
Es stellte sich aber heraus, daß der Scribnershunt einige bedeutende Nachteile hat. So kommt es leicht zu einer Plättchenaggregation und damit zu einer Stenosierung oder zu einem Verschluß der Fistel. Durch die Verwendung des körperfremden Materials kann es auch gehäuft zu Blutungen und zu Infektionen kommen.

Einen wesentlichen Fortschritt bedeutet daher die Entwicklung der subcutanen arterivenösen Fistel nach Brescia und Cimino (5), bei der eine Unterarmvene in die Arteria radialis eingepflanzt wird.

Sie hat im Vergleich zum Scribnershunt wesentlich weniger Komplikationen. Doch kann ein plötzlicher Verschluß der arteriovenösen Fistel durch Thrombosen auch heute noch nicht rechtzeitig erkannt werden, so daß in diesem Falle nur eine rasche Thrombektomie oder Überbrückungsmaßnahmen (z.B. großlumiger Subclaviakatheter) die notwendige Weiterführung der Dialyse sichern kann.

Seit 1972 werden auch vermehrt nicht körpereigene Materialien als arteriovenöse Zwischenstücke verwendet (6), so heterologe Prothesen aus Kalbskarotiden (Bovinegraft), die vor allem zur Infektion und zur Aneurysmabildung neigen und alloplastische Prothesen aus expandierten Teflon (PTFE u.a.), die vor allem durch Stenosen an der venösen Anastomose gefährdet sind. (15) Da sowohl heterologe wie alloplastische Prothesen erhebliche Infektions- bzw. Thrombosierungsraten aufweisen, werden sie nur dann angewendet, wenn am Unterarm keine Möglichkeit zum Anlegen einer Ciminofistel besteht.

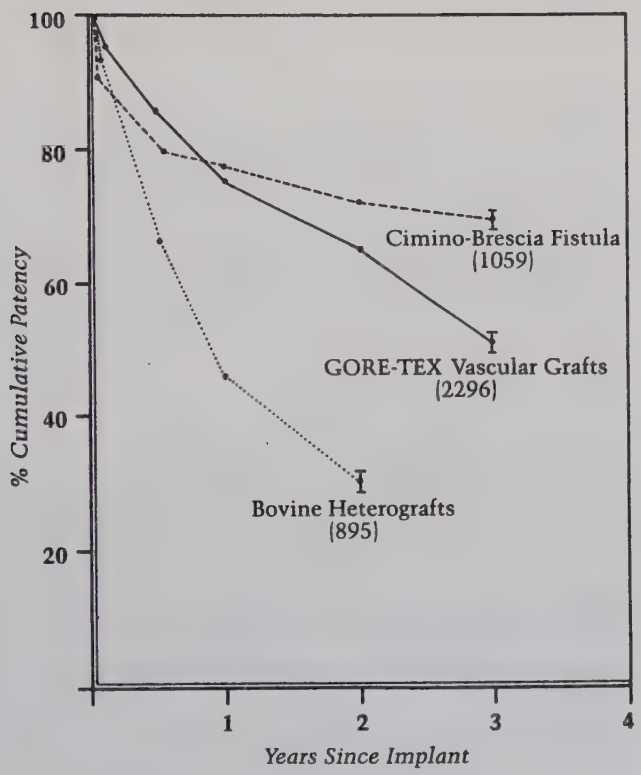
In einer Veröffentlichung von Shanti Mehta (19) aus dem Jahr 1981, in der 14 Jahre lang arteriovenöse Fisteln nach Cimino-Brescia, Goretex Vascular Grafts und Bovine Heterografts auf ihre Überlebenszeit hin beobachtet wurden, sieht man, daß nach etwa 3 Jahren 30 % der arteriovenösen Fisteln nach Cimino-Brescia und 50 % der Goretex Vascular Grafts verschlossen sind. Am schlechtesten schnitten die Bovine Heterografts ab, die bereits nach 2 Jahren zu 70 % unbrauchbar waren.

Abbildung 1

FIGURE ONE

VASCULAR ACCESS FOR HEMODIALYSIS

Averages of Published/Presented Data
1966–1980



Aus: S. Mehta (19) A Statistical summary of the results of vascular access procedures for hemodialysis.

Daraus ergibt sich für den Dialysepatienten die wichtige Frage, ob man voraussehen kann, wann eine Fistel in ihrer Funktion zurückgeht oder sich ganz verschließt.
Die klinische Beurteilung z.B. Anstieg des Rücklaufdruckes oder intermittierendes Saugen bei der Dialyse ist hierfür unzureichend, da die Fistelverschlüsse meist unvorhergesehen auftreten und dann eine notfallmäßige Operation erfordern.

Die bisherigen Methoden zur Überwachung von Dialysefisteln hatten das Problem, daß die Messung von Blutflüssen in biologischen Systemen wesentlich schwieriger ist als die Messung von Drucken.

Die Messung des Shuntvolumens mittels elektromagnetischem Flußmesser (EMF) liefert die exaktesten Meßergebnisse (3,7). Sie ist jedoch nur am freigelegten Gefäß möglich und daher zur Überwachung von Dialysefisteln nicht geeignet.

Verdünnungsmethoden mit Farbstoffdilution (14) oder Isotopendilution (13) sind relativ aufwendig, da sie zur simultanen Blutprobenentnahme 3 Punktionen am Shunt erforderlich machen.
Sie sind teuer durch die photoelektrische Messung bei der Farbstoffverdünnungsmethode und durch den Szintillationszähler bei der Isotopenverdünnungsmethode.
Außerdem muß das Ergebnis bei Ciminofisteln umständlich korrigiert werden, da man den Fehler durch Zumischung aus oder Abfluß in Nebengefäße berücksichtigen muß.

Flußmessungen mittels Plethysmographie (19, 18) haben sich offensichtlich nicht durchsetzen können, da die Ergebnisse sich sehr voneinander unterscheiden, so daß eine zuverlässige Flußmessung nicht möglich ist. Als Screeningmethode ist sie ungeeignet, da sie zu zeitaufwendig ist.
Zusammenfassend kann gesagt werden, daß alle bisherigen Methoden zur Blutflußmessung an Dialysefisteln unpraktikabel, für den Patienten belastend, nicht beliebig oft wiederholbar oder aufwendig und teuer sind.

Da nur begrenzt Gefäßzugänge geschaffen werden können, wäre es wünschenswert, ein einfaches Screeningverfahren zu besitzen, um mögliche Gefäßverschlüsse rechtzeitig zu erkennen und mit einem kleinen chirurgischen Eingriff die Gebrauchsfähigkeit des Shunts wiederherzustellen.

Riedhammer und Weise (21) haben in den letzten 2 Jahren eine einfache, den Patienten nicht belastende und beliebig oft wiederholbare indirekte cw-Ultraschall-Dopplermethode entwickelt, die zusammengefaßt folgende Aussage erlaubt.
Es besteht eine enge Beziehung zwischen der Doppler-Velocity-Kurve, die an der Arteria subclavia des Shuntarmes abgeleitet wird (indirekte Methode) und dem Shuntfluß.

Als einfachster Parameter der entstandenen Dopplerkurve läßt sich die enddiastolische Flußgeschwindigkeit verwenden. Hier lautet die Korrelation zwischen gemessenen Shuntfluß (99-Tc-Isotopenverdünnung) und Doppler-Velocity-Kurve

$$Q_{S_h}\ (ml/min.) = 0{,}91\ V_D\ (Hz) + 106$$

In einer prospektiven Studie von Weise und Riedhammer (21) die von Anfang 1980 bis Ende 1981 dauerte, zeigen Fisteln mit einer enddiastolischen Flußgeschwindigkeit unter 500 Hz in 50 % der Fälle einen Verschluß in ca. 5 Monaten.
Liegt die enddiastolische Geschwindigkeit unter 250 - 300 Hz, so ist das Risiko eines Verschlusses nahezu 100 %. Liegt die enddiastolische Geschwindigkeit über 500 Hz, so ist das Risiko eines Verschlusses in 5 Monaten nur 3 - 5 %.

2. Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit sollte nun sein, die oben erwähnte cw-Dopplermethode mit dem angiographischen Bild der Dialysefisteln zu vergleichen.
Wir stellten uns folgende Fragen:

1. Besteht eine Beziehung zwischen dem Ausmaß und der Anzahl von Stenosen und der gewonnenen enddiastolischen Flußgeschwindigkeit in der Arteria subclavia des Shuntarmes.

2. Sollte durch eine rechtzeitige Intervention bei unzureichender enddiastolischer Flußgeschwindigkeit und anschließender Angiographie die Indikation zur elektiven Operation des Shunts gestellt werden?
D. h. bewirkt eine Umgehung der stenosierten Bezirke in der Tat einen höheren Fluß und korreliert bei der Kontrollangiographie beim gleichen Patienten das morphologische Bild vor und nach der elektiven Revaskularisation mit dem dopplersonographischen Wert.

3. Läßt sich mit diesem Vorgehen (i. ë. elektive Operation) eine längere Offenheitsrate des kompletten Shunts erzielen als durch Nichtintervention zu erwarten wäre.

Diese Fragen wurden an Hand zweier Patientenkollektive angegangen.
Eine retrospektive, offene Pilotstudie von 56 Patienten wurde gebildet. Ihre dopplersonographischen Werte wurden mit den Befunden der Angiographie verglichen.
Klinische Kriterien für eine Angiographie waren intermittierende Schwierigkeiten mit der Shuntpunktion, nicht ausreichender Blutfluß bei der Dialyse (kleiner 250 ml/min) oder ein erhöhter Rücklaufdruck.

Eine zweite kontrollierte Studie wurde im Anschluß durchgeführt.
Ab Oktober 1981 wurden alle Patienten mit einer enddiastolischen Flußgeschwindigkeit unter 500 Hz beim

Dopplerscreening (alle 3 - 4 Monate) erfaßt und anschließend angiographiert, unabhängig davon ob klinische Verdachtsmomente bestanden. Die erkennbaren Stenosen wurden durch gezielte Revaskularisierungen beseitigt.

Anschließend wurde der Patient in regelmäßigen Abständen dopplersonographisch kontrolliert und nach ca. 6 Monaten nachangiographiert.
So konnte bei jedem Patient ein eigener Vergleich gezogen werden, d. h. cw-dopplersonographische Werte und angiographische Ergebnisse vor und nach elektiver Revaskularisierung wurden verglichen, so daß interindividuelle Merkmale herausgearbeitet werden konnten.

II. METHODIK UND VERWENDETE GERÄTE

1. Direktionale cw-Dopplersonographie

1.1. Technische Daten und Arbeitsweise

Die Untersuchung mittels cw-Doppler erfolgt am bequem liegenden Patienten, dessen Oberkörper etwa 30° angehoben ist.

Als Dopplersonographiegerät wurde ein direktionales Dopplergerät (Parks 806 C) verwendet. Die Sendefrequenz beträgt 4,5 mega-Hz.

Eichung des Dopplers
Die Dopplerkurve wird auf einem EKG-Schreiber (Schreibbreite 5 cm) mit einem Papiervorschub von 25 mm/sec aufgezeichnet. Zur Nullinieneinstellung des Schreibers wird der Knopf 'Signal Output' auf 'Zero Output' geschaltet. Zur Kontrolle der Nullinie wird die Sonde in die Luft gehalten, um Fremdsignale auszuschalten.
Die Eichung der Dopplerflußkurve wird mit einem eingebauten Sender mit einer Frequenz von 1 KHz vorgenommen. Der Knopf 'Output level' ist dabei auf 10 geschaltet, so daß 1 KHz 20 mm Ausschlag auf dem Schreiber entspricht.
Die Eichung sowie O-Linienüberprüfung wurde nach jeder Messung wiederholt. Dadurch wurde dokumentiert,

daß während der Messung (über ca. 5 - 10 Herzschläge) eine stabile Nullinie vorhanden war. Wird bei der Messung der Aufzeichnungsbereich des Schreibers durch das eingehende Signal überschritten, so halbieren wir die Empfindlichkeit, ('Output level' 5) so daß die Aufzeichnung nach der neuen Eichung wunschgemäß vorgenommen werden kann. Auf diese Weise können sämtliche bei Dialysefisteln vorkommenden Flußgeschwindigkeiten auf der Schreiberbreite registriert werden.

Meßpunkt an der Arteria subclavia
Die Bleistiftsonde wird am oberen Rand der Clavicula lateral des Musculus sternocleidomastoideus (Fossa supraclavicularis major) aufgesetzt. Die Arteria subclavia zieht hier in der Scalenuslücke zwischen Musculus scalenus anterior und Musculus scalenus medius hindurch. Die Vena subclavia verläuft in diesem Bereich vor dem Musculus scalenus anterior durch die vordere Skalenuslücke, so daß eine Trennung des arteriellen vom venösen Signal meist gut möglich ist.

Die Winkeleinstellung der Sonde mit der Frontalebene beträgt etwa 45° , mit der Sagittalebene ebenfalls ca. 45°. Die Haltung der Bleistiftsonde wird durch die optimale Signalwiedergabe bestimmt.

Nach Weise (21) erhält man von allen Armarterien an der Arteria subclavia die besten Signale. Dies liegt wohl daran, daß die Blutströmungsgeschwindigkeit umso höher wird, je weiter man sich der Shuntanastomose nähert. Dies führt zu Turbulenzen, die das Dopplersignal störend beeinflussen. Bei der Arteria axillaris und bei der Arteria brachialis kommt es häufig zu stärkeren Überlagerungen des arteriellen Signales durch die Begleitvenen.

1.2. Kurvenbeispiele und Auswertung der Kurven

Abbildung 2

Schematische Darstellung einer Dopplerkurve an der Arteria subclavia

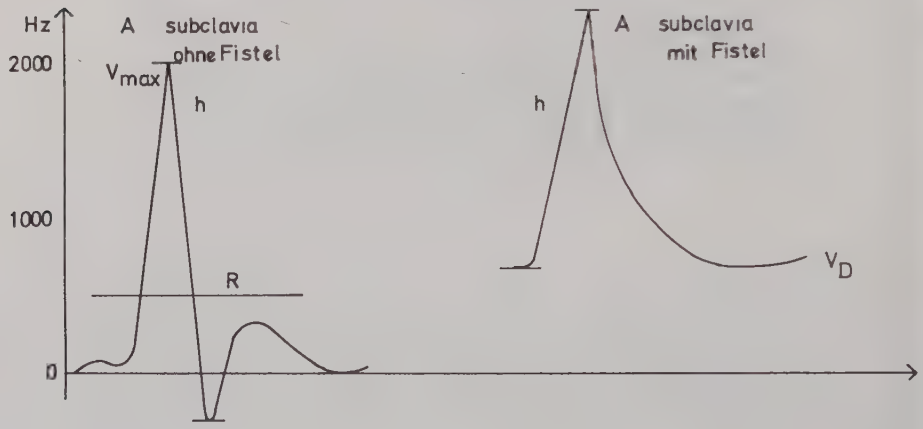
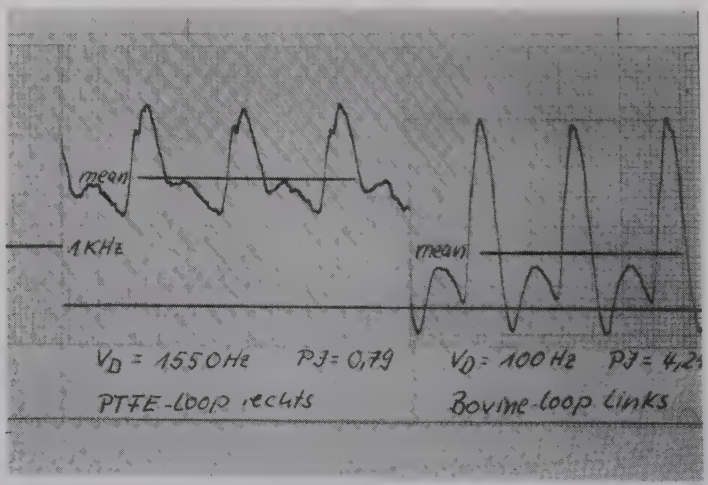


Abbildung 3

Darstellung einer Dopplerkurve bei einem Patient



$v_{max.}$ = maximale Frequenzverschiebung, die während der Systole des Herzens erreicht wird.

$v_{diast.}$ = Frequenzverschiebung am Ende der Diastole des Herzens.

h = Differenz zwischen der maximalen Frequenzverschiebung ($v_{max.}$) und der kleinsten gemessenen Frequenzverschiebung.

R = mittlere Frequenzverschiebung während einer Herzaktion gemessen bei der Stellung des 'Output Filters' auf 'mean'.

Zur Auswertung kam lediglich die enddiastolische Flußgeschwindigkeit $v_{diast.}$, da sämtliche anderen Parameter ($v_{max.}$, h, h/R) keine besseren Beziehungen zum Shuntfluß ergaben als dieser leicht meßbare Wert. (21)
Die Schreibgeschwindigkeit betrug 25 mm/sec.
Die Umrechnung der Frequenzverschiebung unter der Annahme eines Winkels = 45° zwischen der Gefäßachse und dem Sendestrahl ergab folgende Werte:

Tabelle I

Frequenzverschiebung in Hz	Blutströmungsgeschwindigkeit
250	5,52 cm/sec
500	11,03 cm/sec
750	16,55 cm/sec
1000	22,06 cm/sec
1250	27,58 cm/sec
1500	33,09 cm/sec
1750	38,61 cm/sec
2000	44,12 cm/sec

2. Angiographie

2.1. Technische Daten und Arbeitsweise

Zur Anwendung kommt ein Röntgenautomat Philipps Diagnost 73/Scopomat 73. Die Röntgenspannung des Gerätes, das mit einer Belichtungsautomatik arbeitet, beträgt bei den Fistelangiographien je nach Armdicke 65 - 75 KV.
Der Arm des Patienten wird auf einem Polster gelagert. Der Abstand Röhre/Objekt beträgt dann etwa 15 - 30 cm. Der interessierende Teil wird eingeblendet. Wir verwenden einen Röntgenfilm der Größe 35 x 35, der in 3 Abschnitte geteilt wird.
Die Durchleuchtungszeit beträgt 1 - 2 min.
Zur Darstellung der Fistel wird das Röntgenkontrastmittel Urovist ^{R} (Schering AG Pharma, Berlin) verwendet. Es wird mit isotonischer Kochsalzlösung im Verhältnis 1:1 verdünnt.

Zur Punktion der Fistel werden folgende Nadelarten verwendet: Hämodialysenadeln bzw. Fistuladrehflügelnadeln der Stärken 16 und 17 Gauge, wenn die Angiographie nach der Dialyse durchgeführt wird und Butterflynadeln der Größe 21 Gauge, wenn die Angiographie vor der Dialyse durchgeführt wird.
Dabei entspricht 16 Gauge einem Innendurchmesser von 1,6 mm, 17 Gauge einem Innendurchmesser von 1,5 mm und 21 Gauge einem Innendurchmesser von 0,8 mm.

Die Angiographie wird nach der Methode von J. Goethlin (12) als transvenöse retrograde Angiographie durchgeführt.
Dazu wird eine Blutdruckmanschette am Oberarm angelegt und auf ca. 300 mm Hg aufgepumpt.
Über eine in Nähe der arteriellen Anastomose liegende Nadel werden etwa 10 - 15 ml des verdünnten Kontrastmittels langsam injeziert.
Unter Durchleuchtung wird die venöse Füllung der Vena cephalica und über die Anastomose die arterielle Füllung der Arteria radialis beobachtet. Bei ausreichender Füllung der Gefäße werden 2 - 3 stehende Bilder angefertigt, wobei zur besseren räumlichen Darstellung der Shunt in zwei Ebenen (Pronation und Supination) aufgenommen wird.
Unter Einblendung der interessierenden Region werden die relevanten Stenosen im Unterarmbereich aufgenommen.
Nach Lösen der Stauung wird unter Durchleuchtung der Abfluß des Kontrastmittels im Ellenbogenbereich und Oberarmbereich kontrolliert.
Bei brachiocephalen Fisteln bzw. PTFE-loops gilt ein entsprechendes Vorgehen.

2.2. Auswertung der Angiographie

Zur Illustrierung zeigen nachfolgende Abbildungen 4 und 5 eine Ciminofistel mit niedriger Frequenzverschiebung ($v_{diast.}$ = 150 Hz) und hoher Frequenzverschiebung ($v_{diast.}$ = 1100 Hz).

Zur besseren Darstellung werden nicht die Originalröntgenbilder sondern die gepausten Kopien abgebildet.

Abb. 4: Ciminofistel mit niedriger enddiastolischer Frequenzverschiebung

V_D = 150 Hz

17-Gauge-Nadel

Abb. 5: Ciminofistel mit hoher enddiastolischer Frequenzverschiebung

V_D = 1100 Hz

17-Gauge-Nadel

3. Eigene Methodik

Die übliche Methode zur Quantifizierung von Stenosen im arteriellen System (Coronarangiographie, Arteriographie), bei der der Innendurchmesser in Relation zum prästenotischen Außendurchmesser gesetzt wird, eignet sich in diesem Fall nicht. Der Grund dafür liegt in der besonderen Art des Gefäßsystems mit Übergang von Hochdruck in Niederdrucksystem. Außerdem entstehen durch punktionsbedingte Aussackungen der Vene große Fehler in der Beurteilung von Stenosegraden.

3.1. Ausmessung der Fistel

Zur Auswertung der angiographischen Röntgenbilder wurden diese vom Original auf ein Durchschlagpapier übertragen.

Der Durchmesser von Arterie und Vene wurde zuerst an einem morphologisch unveränderten, d.h. nicht stenosierten und über mehrere Zentimeter gerade verlaufenden Gefäßabschnitt gemessen. Dies war bei allen Ciminofisteln etwa in Unterarmmitte an der Arteria radialis möglich. Anschließend wurde der Durchmesser der Anastomose und der arteriellen und venösen Stenosen gemessen. Außerdem wurde der Innendurchmesser der Angiographienadel, deren Größe bekannt ist, ausgemessen.

3.2. Berechnung der Gefäßdurchmesser

Diese Werte wurden zum gemessenen Durchmesser und zum realen Durchmesser der Angiographienadel in Relation gesetzt.

Es ergaben sich folgende Werte:

d_A = gemessener Durchmesser der Arteria radialis

d'_A = realer Durchmesser der Arteria radialis

d_N = gemessener Durchmesser der Angiographienadel

d'_N = realer Durchmesser der Angiographienadel

Daraus ergab sich die Beziehung (vereinfachende Annahme: Arterie und Vene liegen in einer Bildebene):

$$\frac{d_A}{d'_A} = \frac{d_N}{d'_N}$$

Da d_A, d_N und d'_N bekannte Größen sind, kann d'_A berechnet werden.

$$d'_A = d_A \times \frac{d'_N}{d_N}$$

Da die Beziehung $\frac{d'_N}{d_N}$ für jede Nadelgröße (16, 17 oder 21 Gauge) einen bestimmten gleichbleibenden

Wert ergab, konnte für den Bruch der Faktor F eingesetzt werden.
Daraus ergab sich dann folgende Beziehung:

$$d'_A = d_A \times F$$

Analog wie für die Arteria radialis, konnte nun der reale Gefäßdurchmesser der Vene, der Anastomose und der arteriellen und venösen Stenosen bestimmt werden. Alle errechneten Größen beziehen sich auf mm.

3.3. Wahl des Bezugspunktes zur Beurteilung des Stenosierungsgrades

Die Arteria radialis des proximalen Unterarms wurde als Bezugspunkt zur Feststellung der Größe der Stenose genommen, da sie bei allen Angiographien röntgenologisch gut dargestellt wurde und somit gut meßbar war.
Setzt man nun die engste Stelle der Fistel in Relation zur normalen arteriellen Gefäßgröße, müßte je nach Grad der Stenosierung bei hochgradiger Verengung der Nenner ein Mehrfaches des Zählers sein. Liegt keine Stenosierung vor, verhalten sich Zähler und Nenner gleich.
Bei einer Ektasie wird der Zähler größer als der Nenner. Theoretisch müßten diese Ergebnisse mit der Größe des dopplersonographischen Flußwertes korrelieren, d.h. hoher Grad der Stenosierung entspricht einem niedrigen Flußwert und umgekehrt.
Dies war zu beweisen.

3.4. Einteilung der stenosierten Gefäßabschnitte im angiographischen Röntgenbild

Die Ausmessungen der Angiographien wurden beim Vergleich der stenosierten Gefäßabschnitte mit der normalen Arterie in folgende Stenosierungsgrade unterteilt.

1) Hochgradige Stenose = Lumeneinengung über 75 %
2) Deutliche Stenose = Lumeneinengung von 50 - 75 %
3) Mäßige Stenose = Lumeneinengung von 25 - 50 %
4) Normale Gefäßverhältnisse = Lumeneinengung weniger als 25 %.

Dieser nach den Angiographiebefunden getroffenen Einteilung der Stenosegrade werden die dopplersonographisch gemessenen Flußwerte zugeordnet.

III. ERGEBNISSE

1. Retrospektive offene Studie

Patientenbeschreibung

Die retrospektive Gruppe umfaßte 56 Patienten, die regelmäßig dialysiert werden und bei denen aus klinischen Gründen, z.B. intermittierende Schwierigkeiten mit der Shuntpunktion, nicht ausreichender Blutfluß bei der Dialyse (kleiner 250 ml/min) oder erhöhten Rücklaufdruck, eine Angiographie sowie eine cw-Dopplersonographie 2 bis 10 Tage vor bzw. nach der Angiographie durchgeführt wurde.
Die Ergebnisse dieser Gruppe waren sozusagen als 'Pilotstudie' aufzufassen.
Der Zeitraum, in dem diese Untersuchungen erfolgten, erstreckte sich über 12 Monate von Oktober 1980 bis Oktober 1981.
Das Durchschnittsalter der Patienten z.Zt. der Untersuchung betrug 51,6 Jahre (zwischen 24 und 82 Jahren).
9 Patienten waren zum 1. Juni 1983 verstorben.
Die Geschlechtsverteilung war 36 Männer gegenüber 20 Frauen.
Das Trockengewicht der Patienten, das sich aus dem klinischen Erscheinungsbild, d.h. normale Blutdruckwerte, keine Ödeme, kein Lungenstau ergibt, wurde z.Zt. der Dopplersonographie und der Angiographie um durchschnittlich 1,4 % überschritten. Da eine

Gewichtszunahme von 1 - 3 kg zwischen den Dialysen normal ist, waren die Patienten zum Zeitpunkt der Untersuchungen nicht überwässert.

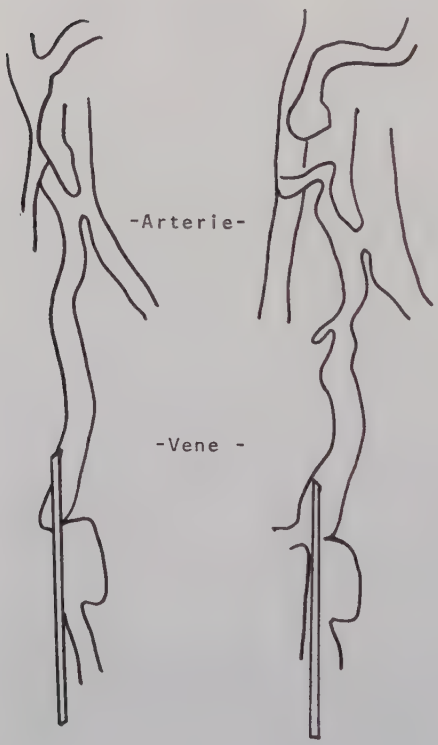
Die Dialysefisteln waren wie folgt verteilt:

	Patienten in Pilotstudie	alle Dialysepatienten (München-Harlaching Stand 10/81)
	n = 56	n = 162
38 Patienten mit einer av-Fistel n. Brescia-Cimino:	67,8 %	61 %
15 Patienten mit einem Kunststoff interponat:	26,7 %	15 %
3 Patienten mit einer brachiocephalen Fistel:	5,2 %	24 %

Die Gruppe mit einer brachiocephalen Fistel wurde wegen ihrer Kleinheit nur einzeln durch je ein gutes und ein schlechtes Beispiel einer brachiocephalen Fistel dargestellt.

Abbildung 6

Brachiocephale Fistel - niedrige enddiastolische Frequenzverschiebung

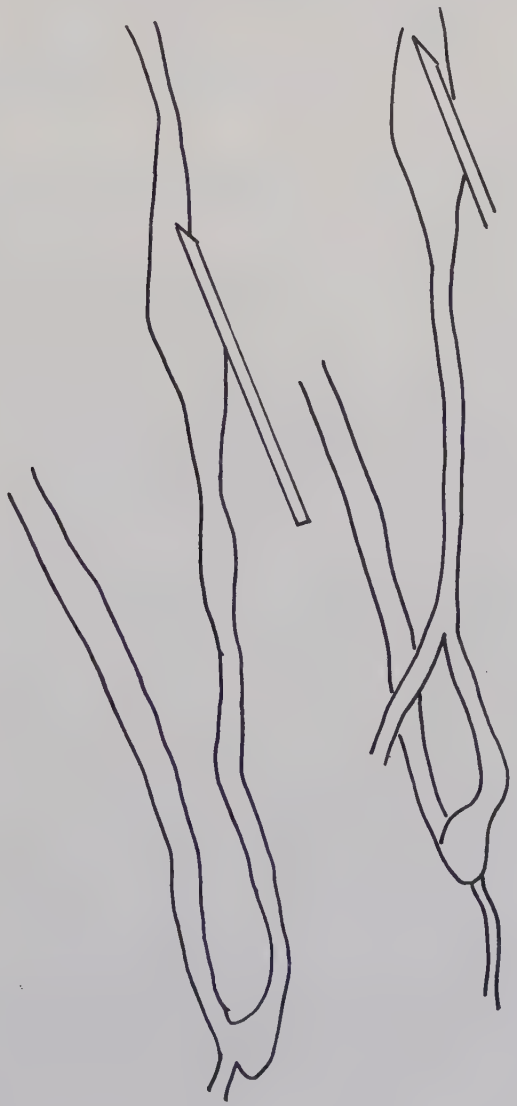


V_D = 200 Hz

21-Gauge-Nadel

Abbildung 7

Brachiocephale Fistel - hohe enddiastolische Frequenzverschiebung



V_D = 850 Hz

16-Gauge-Nadel

Die Einteilung nach der Grunderkrankung der Patienten ergibt folgendes Bild:

Grunderkrankung	Fälle	Biopsie	Prozent	EDTA 1981
chron. Glomerulonephritis	31	6	55,3	40,0
obstuktive Nephropathie	6	/	10,7	24,2
Cystennieren	7	/	12,5	7,3
diab. Nephropathie	4	/	7,1	4,8
Analgeticanephropathie	3	/	5,3	5,0
Amyloidose	2	/	3,5	12,1
Refluxnephropathie	2	/	3,5	/
Athero-embolic-disease	1	/	1,7	/

Der Vergleich mit der EDTA-Statistik zeigt, daß es sich hier um eine übliche Verteilung der Grunderkrankungen handelt.

Zusätzlich zu den Grunderkrankungen konnten bei 21 Patienten folgende relevante vaskuläre Begleiterscheinungen festgestellt werden.

Begleiterkrankungen	Fälle	Prozent
Myokardinfarkt, KHE	11	19,6
Periphere arterielle Verschluß-erkrankung (Fußpulse nicht tastbar)	8	14,2
Cerebrale arterielle Verschluß-erkrankung (TIA oder Apoplex)	6	10,7

Zwei der Patienten waren an einer KHE/Myocardinfarkt und an einer peripheren arteriellen Verschlußerkrankung erkrankt, drei der Patienten

wiesen eine periphere arterielle Verschlußerkrankung und eine cerebrale arterielle Verschlußerkrankung auf, bei einem Patienten stellten wir alle drei Krankheiten fest.

2. Prospektive Studie

Patientenbeschreibung

Eine zweite kontrollierte Studie wurde nach Abschluß der Pilotstudie durchgeführt. Auf Grund der Ergebnisse von Weise (21) konnte eine Gruppe von Patienten erfaßt werden, die durch einen Fistelverschluß in den nächsten 5 Monaten gefährdet waren.

Es handelte sich um Patienten mit einer enddiastolischen Frequenzverschiebung an der Arteria subclavia des Fistelarmes von kleiner oder gleich 500 Hz. Diese Patienten wurden seit Oktober 1981 in regelmäßig, alle 4 - 5 Monate, durchgeführten cw-Doppler-Screening-Untersuchungen erfaßt.
Nach Bestätigung des nachlassenden Flußwertes in einer Kontrolle nach 2 - 7 Tagen wurden die Patienten angiographiert und anschließend auf Grund der sichtbaren Verengungen elektiv operiert.
Nach der Operation, die 2 - 12 Tage (im Mittel 4 Tage) nach der Angiographie erfolgte, wurden die Patienten nach einem Tag, nach ca. 14 Tagen (10 - 19 Tagen), nach ca. 35 Tagen (30 - 40 Tagen)

und nach 5 - 7 Monaten dopplersonographisch kontrolliert.
Eine Kontrollangiographie wurde bei allen Patienten nach 4 - 12 Monaten durchgeführt.

Operationstechnik der Fistel bei Revaskularisation

Die Durchführung der Fisteloperation wird in Plexusanästhesie durchgeführt.
Zur Plexusanästhesie werden 20 - 40 ml eines 1 % Lokalanästheticums in den Bereich der vorderen Skalenuslücke an den oberen Plexus brachialis gespritzt. Über einen s-förmigen Hautschnitt (20), der 2 - 5 cm proximal der alten Anastomose gelegt wird, wird die alte Stenose freipräpariert. Dabei wird die unbrauchbar gewordene arterielle Anastomose unterbunden und das stenosierte Venenstück excidiert. Die gut erhaltene, weite Vene wird 2 - 6 cm proximal in üblicher Weise Seit (Arterie) zu End (Vene) in die Arterie radialis implantiert.
Als Nahtmaterial dient ein 7 x 0 Polypropylenfaden (Prolene ^{R}).
Nach Freigabe des Blutstromes kommt es zum typischen Fistelschwirren nach distal und proximal.
Die revaskularisierte Fistel kann sofort außerhalb des Nahtbereiches punktiert werden.

Von 16 Patienten der kontrollierten Studie konnten so bei 12 Patienten erneut eine arteriovenöse Fistel vom Typ Brescia-Cimino angelegt werden.
Bei 2 Patienten konnte auf Grund der Länge der Venenstenose nur noch eine brachiocephale Fistel angelegt

werden, bei einem Patienten wurde ein Kunststoffinterponat verwendet.
Bei einem Patienten kam es fünf Tage nach der elektiven Operation zu einer Fistelruptur bei Eröffnung des intraoperativ gesetzten Abszesses.

Einteilung nach Fistelarten

Es waren insgesamt 16 Patienten mit einer arteriovenösen Fistel nach Brescia-Cimino, die elektiv operiert wurden. Da auf Grund von langstreckigen venösen Stenosen nicht bei allen Patienten intraoperativ eine arteriovenöse Fistel nach Brescia-Cimino angelegt werden konnte, ergab sich postoperativ folgende Aufteilung:

16 Patienten mit Ciminofistel

postoperatives Ergebnis

14 Patienten mit einer Fistel in Unterarmposition: 87,5 %
- 1 Patient mit einem PTFE-Interponat: 6,25 %
- 1 Patient mit Fistelverlust durch einen intraoperativ gesetzten Abszeß: 6,25 %
- 12 Patienten mit einer Unterarmfistel nach Brescia-Cimino: 75 %

2 Patienten mit einer brachiocephalen Fistel: 12,5 %

Das Durchschnittsalter der 16 Patienten zum Zeitpunkt der präoperativen Untersuchung betrug 56,6 Jahre (zwischen 33 und 75 Jahren).

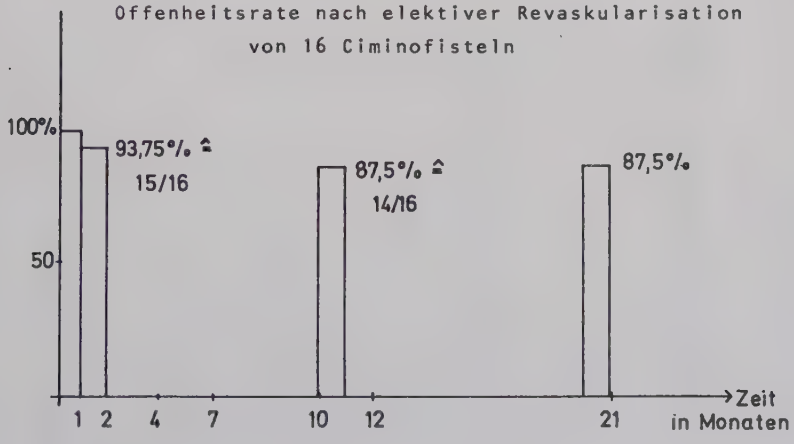
Tab. 2 Gegenüberstellung des Patientengutes	Pilotstudie	kontrollierte Studie elektiv revaskularisiert
Patientenzahl	56	16
Männer zu Frauen	36 : 20 (1,8 : 1)	11 : 5 (2,2 : 1)
mittleres Alter	51,6 (24 - 82)	56,6 (33 - 75)
Diab. Nephropathie	6/56 (10,7 %)	3/16 (19 %)
Relevante begleitende Gefäßerkrankungen	21/56 (37,5 %)	5/16 (31,2 %)
Verteilung der Fisteltypen		vor / nach Revask.
Cimino-Brescia	38 (67,8 %)	16 (100 %) 12 (75 %)
PTFE-interponat	15 (26,7 %)	- 1 (6,25 %)
brachiocephale Fistel	3 (5,2 %)	- 2 (12,5 %)
Verschluß wegen Abszeß	-	- 1 (6,25 %)

Offenheitsrate zum 01.06.1983

Nach der letzten dopplersonographischen und angiographischen Kontrolle, die 4 - 21 Monate nach der elektiven Operation durchgeführt worden war, wurden alle Patienten zum Stichtag 01.06.1983 auf die Benutzbarkeit ihres Shunts hin überprüft. Es ergab sich folgendes Bild.
Ein Patient war zwischenzeitlich an einer Hb_sAg positiven dekompensierten Lebercirrhose verstorben. Sein Shunt war zum Zeitpunkt des Todes, 10 Monate nach der elektiven Operation, noch offen.
Ein Patient hatte seinen Shunt durch einen intraoperativ gesetzten Abszeß und anschließender Ruptur der Anastomose nach 5 Tagen verloren.
Die restlichen 14 Patienten hatten zum Stichtag noch einen gut durchgängigen Shunt.

Tabelle 3

Offenheitsrate nach elektiver Revaskularisation von 16 Ciminofisteln



3. Meßergebnisse der retrospektiven offenen Studie

In unserer retrospektiven Studie haben wir 56 Patienten untersucht.
3 von den 56 Patienten hatten eine brachiocephale Fistel. Sie wurden bereits einzeln abgebildet und werden in den folgenden Kurven nicht mehr berücksichtigt.
Von den verbleibenden 53 Patienten hatten 38 Patienten eine arteriovenöse Fistel nach Brescia-Cimino und 15 Patienten ein PTFE-Interponat. Von diesen 53 Patienten liegen 67 dopplersonographische und angiographische Meßergebnisse vor, da bei 10 Patienten 2 Angiographien und bei 2 Patienten 3 Angiographien durchgeführt wurden. Beide Gruppen wurden zuerst zusammen und dann getrennt nach Fistelart ausgewertet.

Es ergaben sich folgende Kurven, wobei lediglich die schwerste Stenose angegeben wurde.

Tabelle 4

67 Messungen an Ciminofisteln und PTFE-Interponaten
bei 53 Patienten

Stenose grad	Anzahl d.Mess.	Prozent v. 67	v/diast. in Hz	Mittel wert	v/diast. cm/sec	Mittel wert
> 75 %	12/67	17,9 %	0-475,65	222,7	0-10,5	4,9
50-75 %	23/67	34,3 %	0-1132,5	439,7	0-25	9,7
25-50 %	9/67	13,4 %	339,7-1268,4	675,2	7,5-28	14,9
< 25 %	23/67	34,2 %	407,7-1721,4	933,8	9-38	20,6

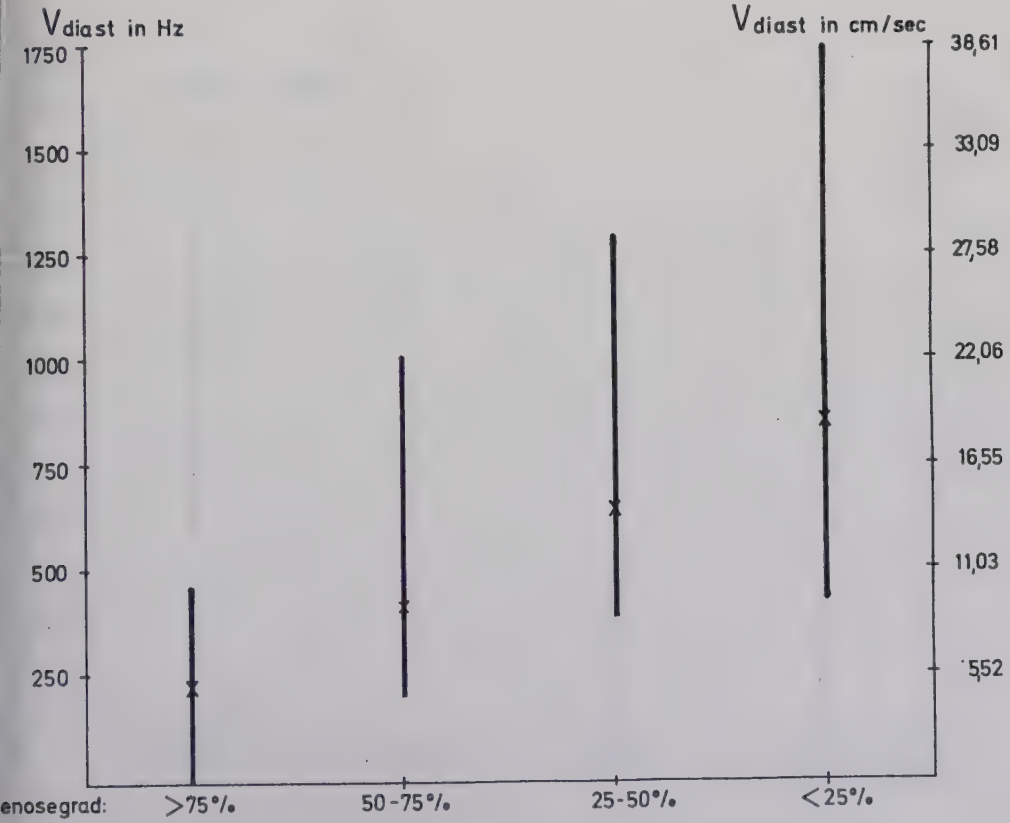


Tabelle 5

43 Messungen an Ciminofisteln bei 36 Patienten

Stenose grad	Anzahl d.Mess.	Prozent v. 43	v/diast in Hz	Mittel wert	v/diast in cm/sec	Mittel wert
> 75 %	8/43	18,6 %	0-362,4	222,7	0-8	4,9
50-75 %	18/43	41,8 %	0-1132,5	380,7	0-25	8,4
25-50 %	5/43	11,6 %	339,7-1087,2	775,1	7,5-24	17,1
< 25 %	12/43	27,9 %	462-1449,6	924,7	10,2-32	20,4

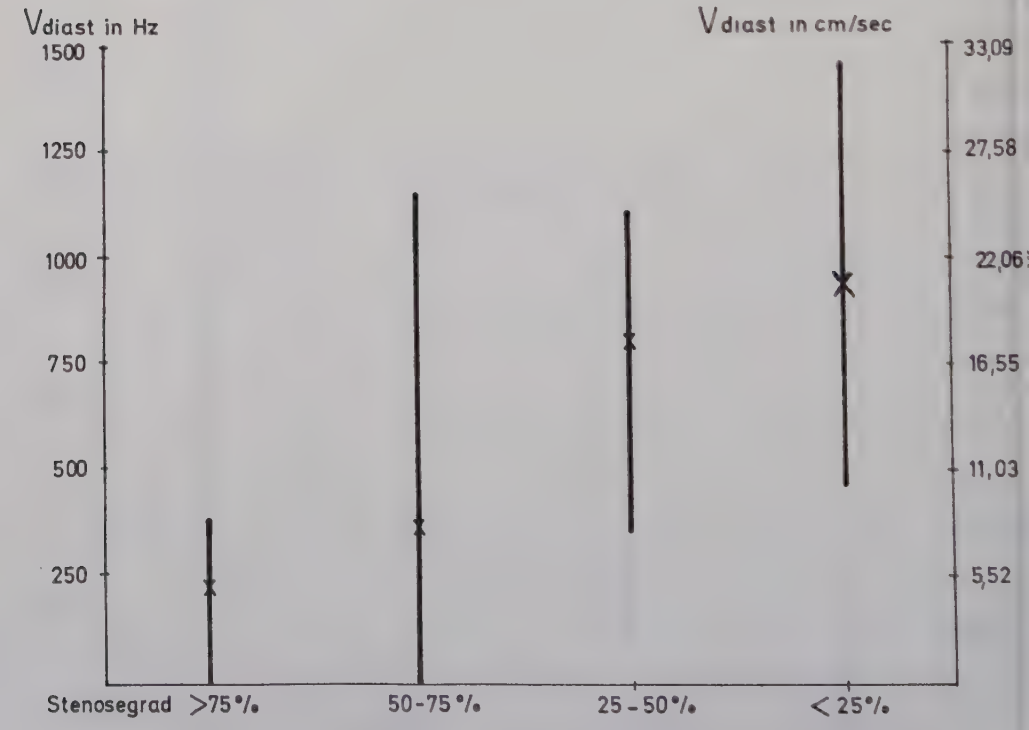
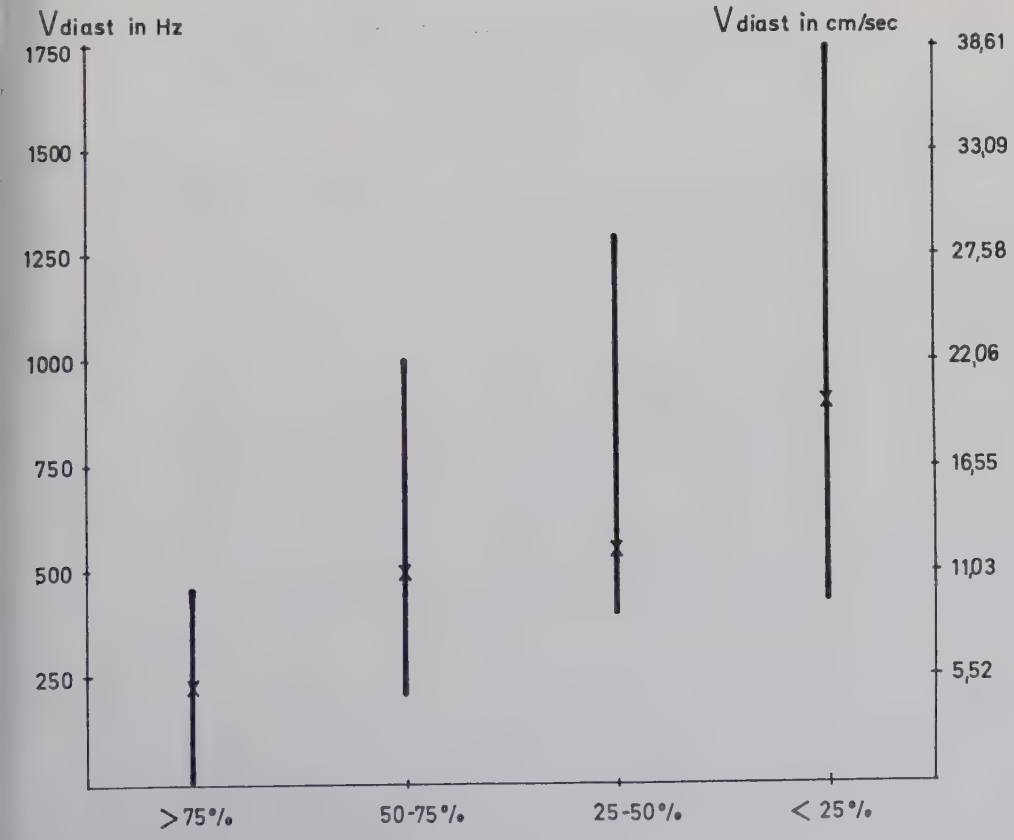


Tabelle 6

24 Messungen an PTFE-loops bei 17 Patienten

Stenose grad	Anzahl d.Mess.	Prozent v. 24	v/diast in Hz	Mittel wert	v/diast in cm/sec	Mittel wert
> 75 %	4/24	16,6 %	0-475,6	222,7	0- 6,5	4,9
50-75 %	5/24	20,8 %	181,2-996,6	498	4-22	11
25-50 %	4/24	16,6 %	385-1268,4	575,5	8,5-28	12,7
< 25 %	11/24	20,8 %	407-1721,4	942,8	9-38	20,8



3.1. Verteilung der morphologischen Veränderungen

Hochgradige Stenose

Bei einer Einengung des Gefäßlumens auf über 75 % erhalten wir sowohl beim Gesamtkollektiv (Ciminofisteln u. PTFE-Interponaten) als auch bei der Aufteilung nach Ciminofisteln und PTFE-Interponaten im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 222,7 Hz, was einer Flußgeschwindigkeit von 4,9 cm/sec entspricht. Der Bereich der gemessenen Stenosen umfaßt eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 0-475,65 Hz (Flußgeschwindigkeit: 0-10,5 cm/sec).
Nach den Geschwindigkeitsmessungen von Weise (21) liegt bei einer enddiastolischen Frequenzverschiebung unter 300 Hz ein nahezu 100 %iges Verschlußrisiko innerhalb der nächsten fünf Monate vor.

Von den insgesamt 67 Messungen entfielen 12 = 17,9 % auf die hochgradigen Stenosen. Getrennt nach Fistelarten ergeben sich 8 arteriovenöse Fisteln nach Brescia-Cimino (= 18,6 %) und 4 PTFE-Interponaten (= 16,6 %).

Deutliche Stenose

Ist das Gefäßlumen auf 50 % - 75 % eingeengt, so erhalten wir im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 439,7 Hz, was einer Flußgeschwindigkeit von 9,7 cm/sec entspricht. Der Bereich der gemessenen Stenosen umfaßt eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 0-1132,5 Hz (Flußgeschwindigkeit: 0-25 cm/sec).

Bei der Gruppe der Ciminofistel ergibt sich bei 18 Messungen (= 41,8 %) im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 380,7 Hz (Flußgeschwindigkeit : 8,4 cm/sec). Die gemessenen Werte reichen von 0-1132,5 Hz (Flußgeschwindigkeit : 0-25 cm/sec).
Bei der Gruppe der PTFE-Interponate ergibt sich bei 5 Messungen (= 20,8 %) im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 498 Hz (Flußgeschwindigkeit : 11,0 cm/sec). Die gemessenen Werte umfassen den Bereich von 181,2-996,6 Hz (Flußgeschwindigkeit 4-22 cm/sec).

Nach Weise und Riedhammer (17) haben Fistel mit enddiastolischen Flußgeschwindigkeiten unter 500 Hz eine 50 %ige Wahrscheinlichkeit eines Verschlusses in 5 Monaten.

Mäßige Stenose

Meßtechnisch läßt sich an Hand der Angiographie ein Stenosierungsgrad abgrenzen, der das Gefäßlumen auf 25-50 % einengt.
Wir erhalten bei 9 Messungen (13,4 %), davon 5 Ciminofistel (11,6 %) und 4 PTFE-Interponate (16,6 %) im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 675,2 Hz, was einer Flußgeschwindigkeit von 14,9 cm/sec entspricht.

Bei der Gruppe der Ciminofistel ergibt sich im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 775,1 Hz (339,7 Hz - 1087,2 Hz), was einer Flußgeschwindigkeit von 17,1 cm/sec entspricht (7,5-24 cm/sec).

Bei der Gruppe der PTFE-Interponate ergibt sich im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 575,5 Hz (385-1268,4 Hz), was einer Flußgeschwindigkeit von 12,7 cm/sec entspricht (8,5-28 cm/sec).

Normale Gefäßverhältnisse

Hierunter zählen wir alle angiographisch gewonnenen Meßwerte, die weniger als 25 % des Gefäßlumens einengen. Insgesamt liegen 23 Meßwerte (= 34,2 % vor, davon 12 Ciminofistel (27,9 %) und 11 PTFE-Interponate (= 45,8 %).

Wir erhalten im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 983,8 Hz (407,7-1721,4 Hz), was einer Flußgeschwindigkeit von 20,6 cm/sec (9-38 cm/sec) entspricht.

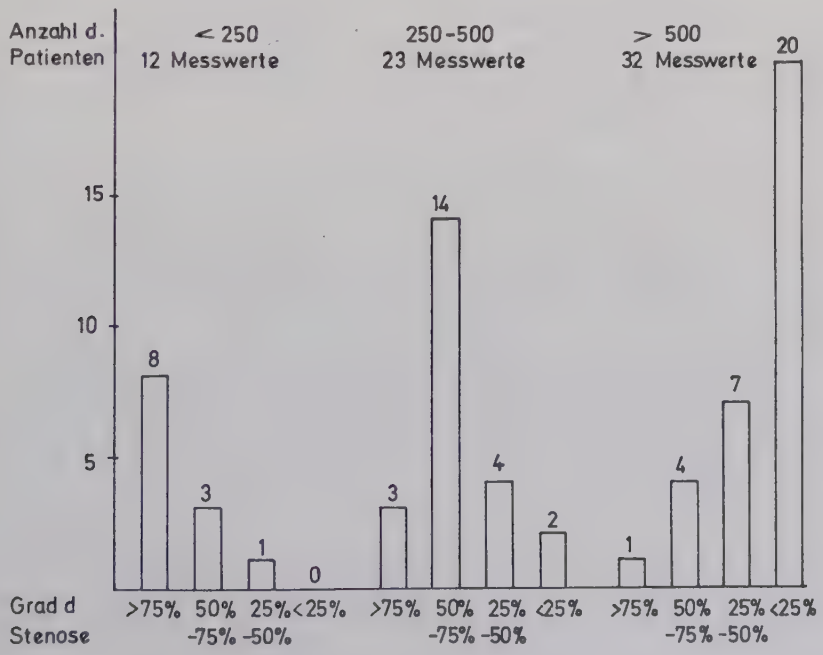
Für die Ciminofistel liegen die Werte im Mittel bei 924,7 Hz (462 Hz-1449,6 Hz), was einer Flußgeschwindigkeit von 20,4 cm/sec entspricht (10,2-32 cm/sec) und für die PTFE-Interponate liegen die Werte im Mittel bei 942,8 Hz (407 Hz-1721,4 Hz), was einer Flußgeschwindigkeit von 20,8 cm/sec entspricht (9-38 cm/sec).

3.2. Zuordnung von Stenosegraden zur enddiastolischen Frequenzverschiebung

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Stenosen für verschiedene enddiastolische Geschwindigkeitsbereiche. Diese Bereiche wurden aus der Arbeit von Weise (21) entnommen.

1. v/diast. kleiner 250 Hz : ca. 100 %iges Verschlußrisiko in 4-5 Monaten.
2. v/diast. : 250-500 Hz : ca. 50 %iges Verschlußrisiko in 4-5 Monaten.
3. v/diast. größer 500 Hz : ca. 3-5 %iges Verschlußrisiko in 4-5 Monaten.

Tabelle 7



Enddiastolische Frequenzverschiebungen unter 250 Hz entsprechen großteils hochgradigen Stenosen. Von den 12 Meßwerten entfallen 8 Meßwerte (66,6 %) auf den Gefäßbereich, der über 75 % stenosiert ist. Nur ein Patient lag im Bereich der mäßigen Stenose.

Dies kann damit erklärt werden, daß seine Fistel zwar mäßig stenosiert war, aber dafür langstreckige Einengungen aufwies. Wie man sieht, sind die schwersten Stenosierungen am häufigsten bei der niedrigen Flußgeschwindigkeit vorhanden.

Bei enddiastolischen Frequenzverschiebungen zwischen 250 und 500 Hz entfallen 17 von 23 Meßwerten (= 78,2 %) auf den Bereich der Lumeneinengungen von 50-75 %. Dies entspricht der Annahme von Riedhammer und Weise (17), daß der Bereich zwischen 250 und 500 Hz als gefährdet angesehen werden muß.

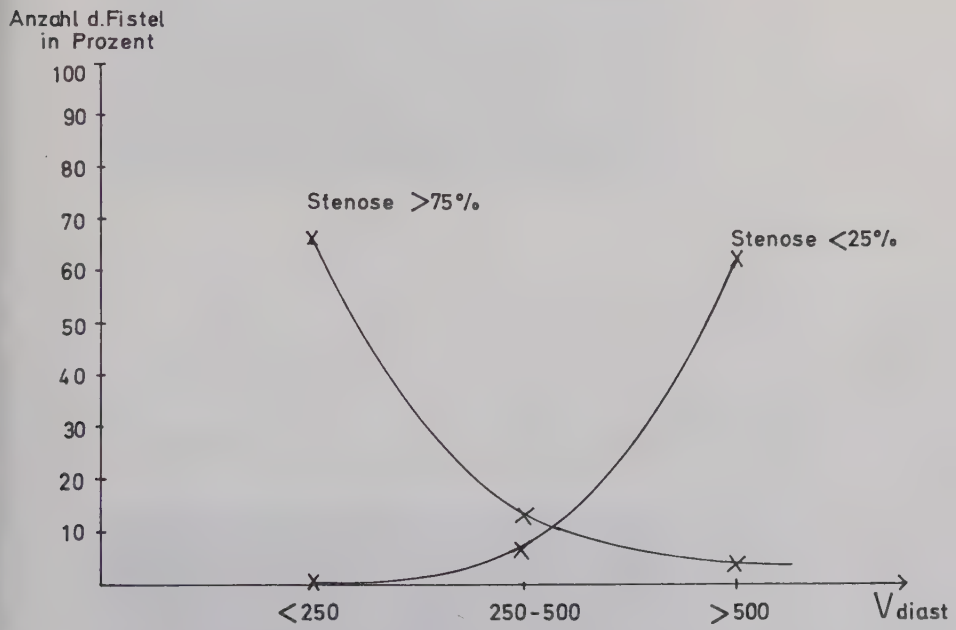
Liegt die enddiastolische Frequenzverschiebung über 500 Hz, so ist das Risiko eines Verschlusses gering. Bei unseren Meßwerten entfielen von 32 Fällen 20 Meßwerte auf den Bereich der normalen Gefäßverhältnisse, daß sind 62,5 %.

Diese Graphik bestätigt in gleicher Weise die Vergleichbarkeit der beiden Meßmethoden.

Tabelle 8

Anzahl der Fistel bei einer Stenose über 75 % oder unter 25 %

v/diast.	Zahl d. Fistel bei einer Stenose über 74 %		Zahl d. Fistel bei einer Stenose unter 25 %	
< 250	8/12	66,6 %	0	0 %
250-500	3/23	13 %	2/23	6 %
> 500	1/32	3,1 %	20/32	62,5 %



Stellt man die Anzahl der Fisteln, die über 75 % oder unter 25 % stenosiert sind, gegenüber, so sieht man, daß ein Großteil der Fisteln (66,6 %), die über 75 % stenosiert sind, in den Bereich unter 250 Hz fallen. Bei den Fisteln, die normale Gefäßverhältnisse aufweisen (Stenose 25 %), liegen 62,5 % in dem Bereich über 500 Hz.

In dem Bereich zwischen 250 und 500 Hz liegt der Anteil von beiden Gruppen in etwa gleich.

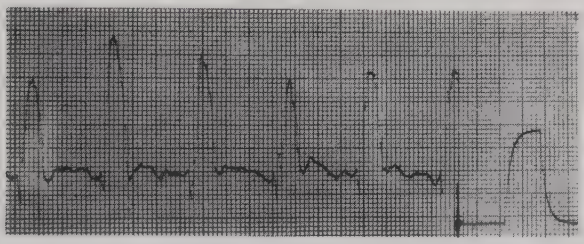
4. Meßergebnisse der prospektiven Studie

Wie bereits in der Versuchsanordnung beschrieben, übersehen wir derzeit in unserer prospektiven Studie nur ein kleines Patientenkollektiv von 16 Patienten. Um eine möglichst gleiche Zusammensetzung zu erreichen, werden nur die Patienten verglichen, bei denen eine Ciminofistel proximal der alten Anastomose ohne Fremdmaterial (z.B. PTFE-Interponat) gebildet werden konnte. Von den 16 Patienten war das bei 12 Patienten (=75 %) der Fall.
Ein Patient erhielt ein PTFE-Interponat zur Überbrückung der Engstelle. Dieser Fall wurde nicht einbezogen, da venöse Anastomosen in der Regel rascher zu Stenosierungen neigen und so zur Verfälschung der Ergebnisse führen. Ebenso wurden die brachiocephalen Fisteln mit ihren anderen Anastomosenposition nicht zum Vergleich herangezogen. Ein Patient hatte einen intraoperativ gesetzten Abszeß, der, 5 Tage nach der Operation, zur Fistelruptur führte und zum Verlust der unmittelbar postoperativ hervorragend fließenden Fistel.
Es verblieben demnach zum direkten Vergleich von 16 Patienten mit einer Ciminofistel postoperativ 12 Patienten.
Die Nachbeobachtungszeit betrug minimal 6 Monate, maximal 13 Monate.
Bei diesen 12 zum direkten Vergleich anstehenden Patienten stellen wir die cw-dopplersonographischen Werte präoperativ und postoperativ gegenüber.

4.1. Enddiastolische Frequenzverschiebungen vor und nach elektiver Operation

Abbildung 8

Dopplerkurve - 3 Stunden vor elektiver Operation



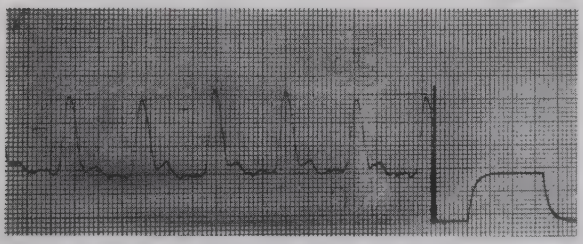
- 1000 Hz
1/1 Eichung

17.5.1982 Patient R.T.

V_D = 500 Hz

Abbildung 9

Dopplerkurve - 20 Stunden nach elektiver Operation



- 1000 Hz
1/2 Eichung

18.5.1982 Patient R.T.

V_D = 1100 Hz

Tabelle 9

Enddiastolische Frequenzverschiebungen in bestimmten zeitlichen Abständen bei revaskularisierten Ciminofisteln in Unterarmposition

Patient		Frequenzverschiebungen in Hz. ($V_{diast.}$)					
Initialen	Geb.jahr	prae-op	2 - 24 Std. post-op	10 - 20 Tage post-op	30 - 40 Tage post-op	6 - 13 Mon. post-op	01.06.1983
1. A. B.	1922	500	950	1800	1150	1500	gest.n.10 Monaten
2. W. F.	1914	450	900	750	900	950	Fistel offen
3. E. H.	1948	350	1300	1300	1250	1350	Fistel offen
4. H. K.	1946	500	800	850	1050	1000	Fistel offen
5. B. M.	1947	450	900	1200	-	650	Fistel offen
6. F. M.	1907	0	750	800	-	1000	Fistel offen
7. K. S.	1908	0	1000	1000	-	1100	Fistel offen
8. T. S.	1947	350	500	950	650	750	Fistel offen
9. L. S.	1919	250	450	550	-	900	Fistel offen
10. J. S.	1909	350	500	900	1300	900	Fistel offen
11. R. T.	1939	500	1100	1050	-	900	Fistel offen
12. L. Z.	1912	250	850	750	-	700	Fistel offen

Tabelle 10

Enddiastolische Frequenzverschiebung vor und nach elektiver Operation

Zeitpunkt	v/diast.	Mittelwert
prae-op	0-500	329,1
post-op		
2-24 Std.	450-1300	833
10-20 Tage	550-1800	991
30-40 Tage	650-1300	1050
6-13 Monate	650-1500	975

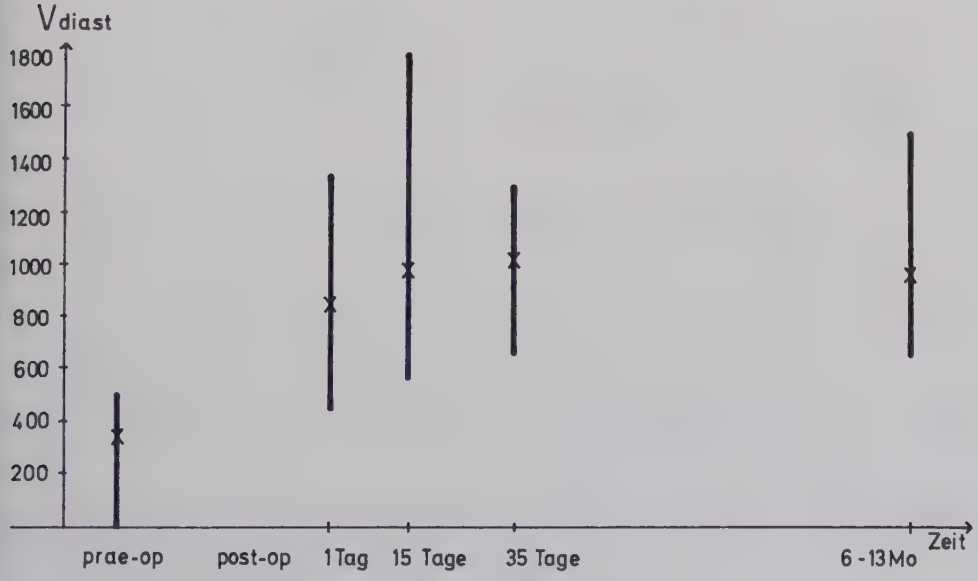
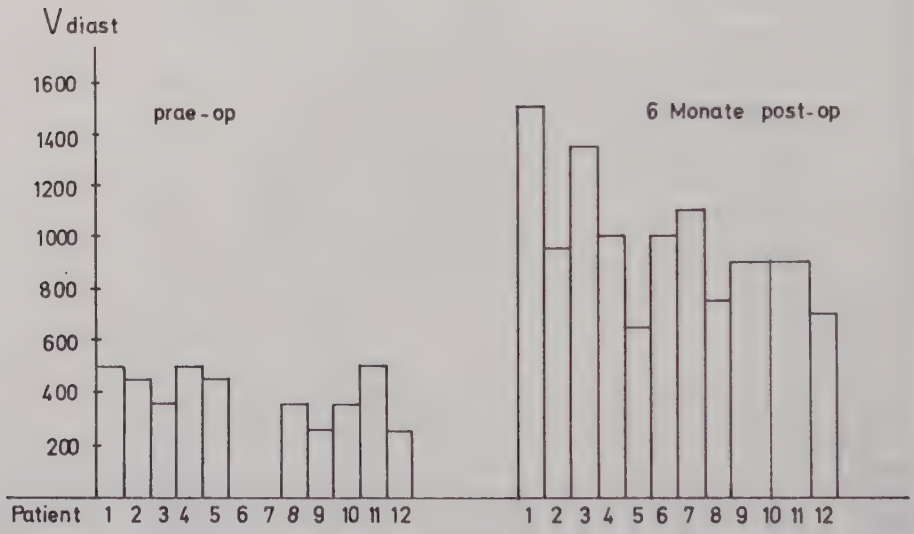


Tabelle 11

Enddiastolische Frequenzverschiebung vor und 6 Monate nach der elektiven Operation



Die Tabelle gibt den deutlichen Strömungszuwachs der enddiastolischen Frequenzverschiebung prae-operativ und 6 Monate nach der elektiven Operation wieder.

Prae-operativ lagen alle 12 Patienten definitionsgemäß unter der kritischen Grenze von 500 Hz (11,03 cm/sec) enddiastolischer Frequenzverschiebung, die ein ca. 50 %iges Risiko eines Fistelverschlusses in 5 Monaten bedeutet.

5 der 12 Patienten hatten eine enddiastolische Frequenzverschiebung unter 250 Hz. Nach den Ergebnissen von Weise (21) liegt bei diesen Werten ein nahezu 100 %iges Verschlußrisiko innerhalb der nächsten 5 Monate vor.

Sechs Monate nach der elektiven Operation und Revision der Fistel konnten wir bei allen 12 Patienten eine enddiastolische Frequenzverschiebung feststellen, die über der kritischen Grenze von 500 Hz (11,03 cm/sec) lag.

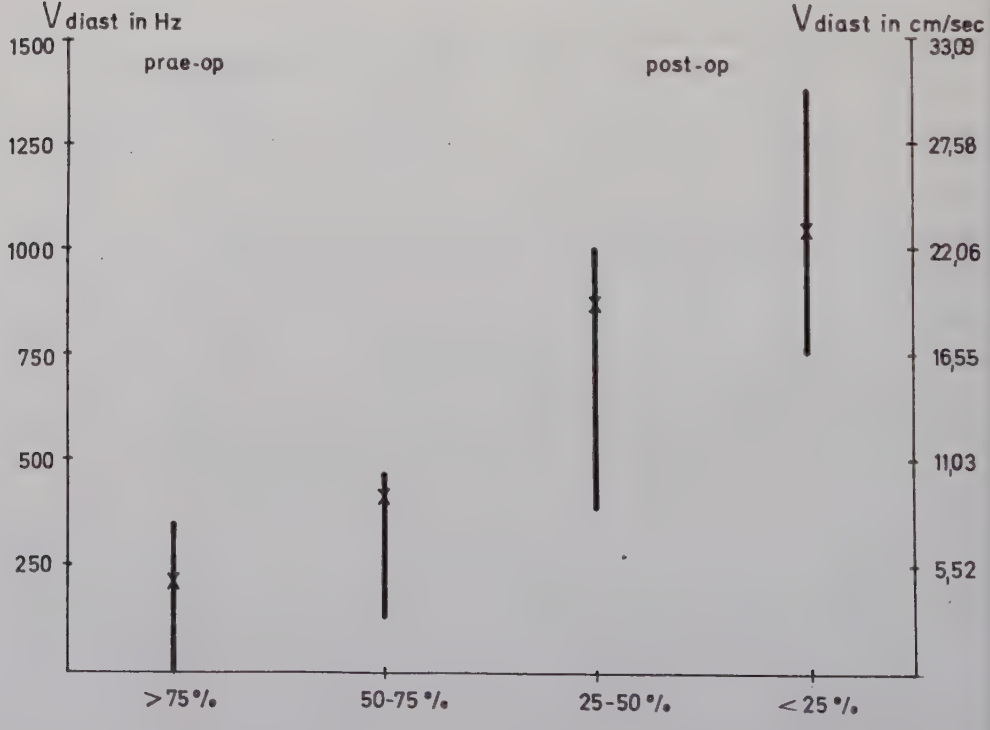
Sieben Patienten wiesen Werte zwischen 500 und 1000 Hz (11,03 cm/sec und 22,06 cm/sec) vor. Bei 5 Patienten konnten wir Werte über 1000 Hz (22,06 cm/sec) ermitteln.

Es liegen also 6 Monate nach der elektiven Operation bei allen Patienten gut durchgängige Fistelverhältnisse vor.

Tabelle 12

Angiographiebefunde vor und nach elektiver Operation

Stenose grad	Anzahl d.Mess.	Prozent v. 12	v/diast. in Hz	Mittel wert	v/diast. in cm/sec	Mittel wert
prae-op						
>75 %	5/12	41	0-321,6	190	0-7,1	4,1
50-75 %	7/12	59	108,7-457,5	428	2,4-10,1	9,4
post-op		v. 11				
25-50 %	4/11	36,3	385-996,6	862	8,5-22	19
<25 %	7/11	63,6	724,8-1363,5	1050	16-30,1	23,16



4.2. Verteilung der morphologischen Veränderungen

Prae-operativ erhielten wir bei 5 von 12 Patienten (41 %) eine Einengung des Gefäßlumens auf über 75 %. Diesen Bereich haben wir als hochgradig stenotisch definiert. Es ergab sich hierfür im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 190 Hz, was einer Flußgeschwindigkeit von 4,1 cm/sec entspricht. Der Bereich der gemessenen Stenosen umfaßt eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 0-321,6 Hz (Flußgeschwindigkeit : 0-7,1 cm/sec).

Bei den restlichen 7 Patienten (59 %) ist das Gefäßlumen zwischen 50 und 75 % eingeengt (deutliche Stenose) und wir erhalten im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 428 Hz (9,4 cm/sec). Die gemessenen Werte reichen von 108,7 Hz bis 457,5 Hz (Flußgeschwindigkeit 2,4-10,1 cm/sec).

Postoperativ liegen uns nur Angiographien von 11 Patienten vor, da ein Patient (Nr. 9) nicht zur gewünschten Kontrollangiographie erschienen ist.

Bei 4 von 11 Patienten (36,3 %) läßt sich 6 Monate nach der elektiven Operation eine mäßige Stenose feststellen. Dies entspricht einem Stenosierungsgrad von 25-50 %, nach der Zusammensetzung näher bei 25 % als bei 50 % liegend. Wir erhielten im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 862 Hz (19 cm/sec).

Der Bereich der gemessenen Stenosen umfaßt eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 385-996,6 Hz (8,5-22 cm/sec).

Die restlichen 7 der 11 Patienten (63,6 %) hatten 6 Monate nach der elektiven Operation normale Gefäßverhältnisse, d.h. sie waren weniger als 25 % stenosiert. Es ergab sich im Mittel eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 1050 Hz (23,16 cm/sec). Der Bereich der gemessenen Stenosen umfaßt eine enddiastolische Frequenzverschiebung von 724,8 bis 1163,5 Hz (16-30,1 cm/sec).

Stellt man die Mittelwerte (cm/sec) der prospektiven Studie den Mittelwerten der Pilotstudie gegenüber, so sieht man, daß die gefundenen Werte vergleichbar sind.

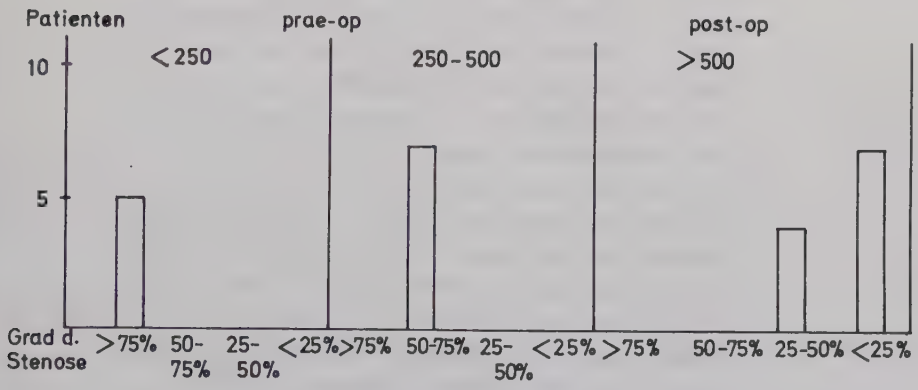
Stenosegrad	Mittelwerte der Prospektiven Studie (cm/sec)	Mittelwerte der Pilotstudie bei Ciminofistel (cm/sec)
> 75 %	4,1	4,9
50 - 75 %	9,4	8,4
25 - 50 %	19	17,1
< 25 %	23,16	20,4

4.3. Zuordnung von Stenosegraden zur enddiastolischen Frequenzverschiebung

Auch bei der Umkehrung der Einteilung, d.h. wenn man den enddiastolischen Flußgeschwindigkeiten die jeweiligen angiographisch gemessenen Stenosierungsgrade zuordnet, entfallen hochgradige Stenosierungen auf niedrige dopplersonographische Werte und umgekehrt.

Faßt man nun den Bereich Stenosegrad der schwersten Stenose zusammen, so erhält man im direkten Vergleich der cw-Dopplermethode mit dem angiographischen Bild die gleichen Ergebnisse wie wir sie bereits in der offenen Studie (Pilotstudie) erhalten haben.

Tabelle 13



Diese Graphik bestätigt in gleicher Weise die Vergleichbarkeit der beiden Meßmethoden.

IV. DISKUSSION

Das bisher etablierte bildgebende Verfahren zur Kontrolle der Morphologie von Hämodialysefisteln ist die Angiographie.
Vorteile der retrograden transvenösen Angiographie sind, daß sie zwar ein invasives Vorgehen für den Patienten erfordert, aber trotzdem ohne größeren technischen Aufwand durchgeführt werden kann.
Dagegen wäre bei einer Durchlaufangiographie eine Katetherisierung des Patienten notwendig. Die Belastung für den Patienten ist erträglich, die meisten geben nur ein Brennen bei der Injektion des Kontrastmittels an. Außerdem ist es vorteilhaft, daß die 'Region of interest' des Fistelarmes frei wählbar ist und meist in zwei Ebenen dargestellt werden kann, da sich oft erst in der zweiten Ebene das volle Ausmaß der Stenose abzeichnete.

Die Angiographie hat aber auch deutliche Nachteile. Die Abbildung wird nicht unter natürlichen Bedingungen angefertigt, da durch die notwendige suprasystolische Stauung keine kontinuierliche Strömung im abgebildeten arteriellen und venösen Schenkel der Fistel besteht. Ein dynamischer Vorgang wird damit in eine statische Füllung umgewandelt.
Auch die Strömungsschnelligkeit kann nicht abgeschätzt werden.

Die Dehnungsfähigkeit vor allem des venösen Systems bei Injektion der Kontrastmittelmenge (10 - 20 ml) ist unterschiedlich, da der Injektionsdruck nicht vorgegeben werden kann, sondern lediglich eine optisch gute Kontrastmittelanreicherung erreicht werden soll.

Aus der Abwägung von Vor- und Nachteilen ergibt sich, daß die retrograde transvenöse Angiographie ein brauchbares Verfahren ist, um die Morphologie der Fistelgefäße zu zeigen. Natürlich kann sie kein Screeningverfahren sein, sondern sollte gezielt eingesetzt werden.
Für den Dialysepatienten ist es aber eine wichtige Frage, ob man voraussehen kann, wann eine Fistel in ihrer Funktion nachläßt oder sich ganz verschließt.

Ziel dieser Arbeit war es, zu klären, ob die von Riedhammer und Weise (17) entwickelte cw-Dopplermethode als Screeningverfahren diesen Anforderungen gerecht wird und ob eine Korrelation zwischen denen von Weise gefundenen Daten (21) und dem angiographischen Bild der Dialysefisteln besteht.

Die Ergebnisse der Pilotstudie zeigen deutlich, daß auf Grund bestimmter Stenosierungsgrade auf eine Frequenzverschiebung geschlossen werden kann und umgekehrt.
Bei der prospektiven Studie, die gezielt auf ein Patientengut abgestimmt war, deren enddiastolische Frequenzverschiebung kleiner 500 Hz war und

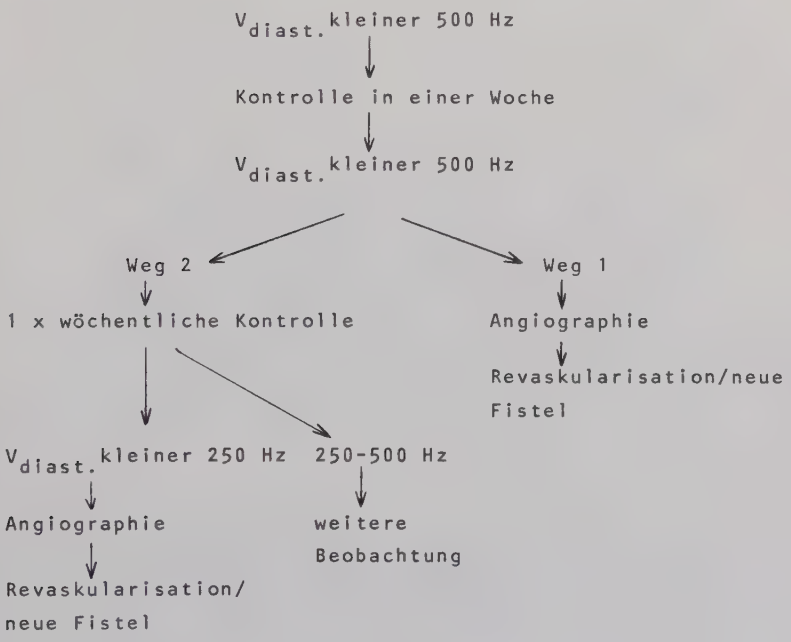
daraufhin elektiv operiert wurden, entsprachen die Ausgangswerte einem morphologisch deutlich stenosierten Lumen, das auch angiographisch festgestellt werden konnte.

An Hand dieses Ergebnisses läßt sich die Behauptung bekräftigen, daß eine hochgradige Stenosierung einer niedrigen Flußgeschwindigkeit entspricht. Nach der elektiven Fistelrevision konnten bei allen Patienten eine deutlich gebesserte Frequenzverschiebung gemessen werden, die sich nach den Werten im nicht gefährdeten Bereich befinden und bei Abschluß dieser Studie noch nicht unter 500 Hz = gefährdeter Bereich abgesunken sind.
Hieraus kann angenommen werden, daß eine Fistelrevision bei stark erniedrigten Flußwerten einen plötzlichen Verschluß des Gefäßes verhindert und eine sehr gute Prognose für das Operationsergebnis vorliegt. Alle Flußmessungen mit niedrigen Frequenzverschiebungen zeigten bei der Kontrollangiographie deutliche morphologische sichtbare Veränderungen. Diese Stenosen waren bei höherwertigen Frequenzverschiebungen postoperativ beseitigt. Es läßt sich somit die These für eine Korrelation zwischen pathologischer Angiographie und niedrigen Flußwerten bekräftigen.
Andererseits wurden bei guten Flußmessungen postoperativ keinerlei Stenosierungen nachgewiesen.

Auf Grund dieser Befunde und der Befunde von Weise (21) führten wir folgendes Programm routinemäßig ein, um Patienten mit vom Verschluß bedrohten Hämodialysefisteln rechtzeitig zu erfassen.

Vorgeschlagenes Screening zur Erfassung von drohenden Fistelverschlüssen

cw-Doppler alle drei Monate
bei allen Hämodialysepatienten



Bei Weg 2 stellte sich bei den Patienten, die eine Frequenzverschiebung von $V_{diast.}$ 250 - 500 Hz aufwiesen, während der Beobachtungszeit das Problem, daß sich während dieser Phase 50 % der Fisteln verschlossen.
Bei Weg 1 erreichten wir durch die Revaskularisation oder durch das Anlegen einer neuen Fistel, daß 50 % der Fistel sich innerhalb der folgenden 5 Monate nicht verschlossen. Die Mortalität der Patienten war gleich Null, nur eine Fistel wurde durch einen intraoperativ gesetzten Abszeß verloren.

Abschließend läßt sich sagen, daß man bei einer unzureichenden enddiastolischen Frequenzverschiebung und anschließender Angiographie die Indikation zur elektiven Operation der Fistel stellen kann. Dieses Vorgehen hat gezeigt, daß man mit einer längeren Offenheitsrate der kompletten Fistel rechnen kann. Durch eine rechtzeitige Intervention kann damit dem Patienten die lebensnotwendige Hämodialysefistel erhalten bleiben.

Diese Ergebnisse stellen einen Anfang dar und müssen in einem größeren Kollektiv, als uns zur Verfügung stand, überprüft werden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Es war die Frage gestellt, ob zwischen den mit einer neuen indirekten CW-Dopplermethode (Riedhammer und Weise) festgestellten Flüssen in Hämodialysefisteln und der Morphologie (hier: Ausmaß der Stenosierungen) eine Beziehung besteht. Untersucht wurden Ciminofisteln.

Als Angiographiemethode wurde die retrograde transvenöse Shuntdarstellung benützt. Die Röntgenbilder wurden ausgemessen, wobei die liegende Injektionsnadel als Maßstab diente. Um die Stenosegrade in einem System von Arterie und Vene mit z.T. aneurysmatischen Aussackungen der Shuntvene definieren zu können, wurden die Durchmesser der Stenosen auf den Durchmesser der A. radialis in Mitte des Unterarms bezogen; an dieser Stelle lag immer auf eine längere Strecke ein glatt begrenztes, konstant kallibriges Gefäß vor.

In einer offenen Pilotstudie wurden bei 56 Patienten der dopplersonographisch ermittelte Wert (hier: enddiastolische Frequenzverschiebung in der ipsilateralen A. subclavia) mit dem angiographischen Bild verglichen. Eine zweite, prospektive Studie umfaßt 16 Patienten. Hier handelte es sich um Ciminofisteln, die wegen einer erniedrigten enddiastolischen Frequenzverschiebung (V.end.diast.) in der A. subclavia angiographiert und anschliessend im Mittel innerhalb einer Woche elektiv

operiert wurden. Nach den Ergebnissen von Riedhammer und Weise liegt bei Fisteln mit einem V enddiastolisch unter 500 Hz ein 50 %iges Risiko auf einen Shuntverschluß in den nächsten 4 - 5 Monaten vor.

Nach der elektiven Operation (in 12 von 16 Fällen lediglich Höhersetzen der Shuntvene um ca. 3 cm erforderlich) wurden serielle CW-Dopplermessungen durchgeführt und nach im Mittel von 6 Monaten diese Shunts erneut angiographiert. In beiden Studien (Pilotstudie, kontrollierte Studie) zeigte sich eine identische Beziehung zwischen der Verteilung von Stenosegraden und enddiastolischer Frequenzverschiebung in der CW-Dopplermethode.

Enddiastolische Frequenzverschiebungen von unter 250 Hz entsprechen hochgradigen Stenosen (über 75 %), Frequenzverschiebungen zwischen 250 - 500 Hz weisen auf mäßiggradige bis deutliche Stenosen (25 - 75 %) hin.
Bei Frequenzverschiebungen über 500 Hz zeigen sich meist keine Einengungen (<25 %) der am Shunt beteiligten Gefäße.

Aufgrund dieser Ergebnisse konnte gezeigt werden, daß bei den entsprechenden niedrigen Werten in der indirekten CW-Dopplermethode die angiographische Ausbeute an hochgradigen Stenosen in der Ciminofistel nahe zu 100 % ist; umgekehrt zeigte sich daß bei enddiastolischen Frequenzverschiebungen über 500 Hz eine Angiographie nicht indiziert ist, da praktisch keine signifikante Stenose gefunden werden kann.

Die CW-Dopplermethode von Riedhammer und Weise konnte durch den Vergleich zwischen indirekter Flußmethode und angiographischem Bild abgestützt werden; ferner konnte gezeigt werden, daß durch eine rechtzeitige Angiographie und Revaskularisation von Ciminofisteln aufgrund des CW-Dopplerscreenings die Funktionsfähigkeit von Hämodialyseshunts in der günstigen Unterarmposition wesentlich länger erhalten werden kann.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

(1) ABBOTT J.: Blood flow in end-to-side arteriovenous fistulas and saphenous vein grafts
Kidney Intern., 3, 342 - 344 (1973)

(2) AMAN LINDA C.: Hemodialysis access morbidity
Kidney Intern., Vol 19 Nr. 1 Jan 1981

(3) ANDERSON CH.: Lokal blood flow characteristics of arteriovenous fistulas in the forearm for dialysis
Surgery.Gyn.Obstr. 144, 531 - 533 (1977)

(4) ANDERSON CH., GILULA L., HARTET H., ETHEREDGE E.: Venous angiography and the surgical management of subcutaneous hemodialysis fistulas
Am surgery 187, 194 - 204 (1978)

(5) BRESCIA M.J., CIMINO J.E., APPEL K., HURWICH B.J.: Chronic hemodialysis using venipuncture and surgically created arteriovenous fistula
N. Engl. J. Med. 275, 1083 (1966)

(6) CHIMITZ J., YOKOYAME T., BOWER R., SCHWARTZ C.:
Self-sealing prosthesis for
arteriovenous fistula in man
Trans. Am. Soc. Artif. Intern.
Organs 18, 452 (1972)

(7) ELFSTRÖM J.: The prognostic value of blood flow
measurements during construction of
arteriovenous fistulas
Scand J Urol Nephrol 15, 323 - 326 (1981)

(8) ERNSTING M., HEIDLER R., WIEDMANN C.:
Phlebographie und Shuntdarstellung
bei Hämodialysepatienten
Der Radiologe 20, 445 - 450 (1980)

(9) EDTA 1982 (Vol 20)

(10) FRIEDMANN E. A.: Strategy in renal failure
1978 345 - 362

(11) GILULA L.: Venous angiography of hemodialysis
fistulas
Radiology 115, 555 - 562 (1975)

(12) GOETHLIN J., LINDSTEDT E.: Angiographic features
of Brescia-Cimino fistulas
Amer J. Roentg. 125 582 - 590 (1975)

(13) KAYE M.: A new technique for measuring blood
flow in PTFE-grafts and hemodialysis
Clin. Nephrology 8, 533 - 534 (1977)

(14) KULT J.: Das reale Shuntvolumen subkutaner arteriovenöser Fisteln bei chronisch hämodialysierten Patienten
Zeitschrift für Kardiologie 62
158 - 164 (1973)

(15) PASTERNAK B.M., PARUK S., KOGAN S., LEVITT S.A.:
A synthetic vascular conduit (expanded PTFE) for hemodialysis access - a preliminary report
Vasc. Surg. 11 99 (1977)

(16) QUINTON W.E., DILLARD D.H., SCRIBNER B.H.:
Cannulation of blood vessels for prolonged hemodialysis
Trans. Am. Soc. Artif. Intern Organs
6 104 (1960)

(17) RIEDHAMMER H.H., WEISE A., EDEL H.H.:
Flow in dialysis-shunt: Evaluation by indirect directional cw-Doppler-ultrasound
XIX. Congress of the European dialysis and transplant Association
Madrid 6. - 9. Sept. 1982

(18) SEBOLT H.: Der Einfluß operativ angelegter arteriovenöser Shunts am Handgelenk auf die periphere Hämodynamic der oberen Extremität
Thoraxchirurgie 21 408 - 413 (1973)

(19) SHANTI MEHTA W.L. Gore and Associates, INC,
Newark, Delaware
A statistical summary of the results of vascular access procedures for hemodialysis
First edition: Nov. 1981

(20) SHAUL G., MASSRY M.D., ALVIN L., SELLERS M.D.:
Clinical aspects of uremia and dialysis
1976 504 - 536

(21) WEISE A.: Die dopplersonographische Untersuchung von Hämodialyseshunts unter besonderer Berücksichtigung des prognostischen Wertes der Methode bezüglich eines Shuntverschlusses
Dissertation 1984

(22) WHITE C.W., M. D. et. al.
Does visual interpretation of the coronary arteriogram predict the physiologic importance of a coronary stenosis.
N. Engl. J. Med. Vol 310 No. 13
(March 1984) 819 - 824

VII. VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

	Seite
Abb. 1: Vascular Access for Hemodialysis	3
Abb. 2: Schematische Darstellung einer Dopplerkurve an der Arteria subclavia	12
Abb. 3: Darstellung einer Dopplerkurve bei einem Patienten	12
Abb. 4: Ciminofistel - niedrige enddiastolische Frequenzverschiebung	16
Abb. 5: Ciminofistel - hohe enddiastolische Frequenzverschiebung	17
Abb. 6: Brachiocephale Fistel - niedrige enddiastolische Frequenzverschiebung	24
Abb. 7: Brachiocephale Fistel - hohe enddiastolische Frequenzverschiebung	25
Abb. 8: Dopplerkurve - 3 Stunden vor elektiver Operation	43
Abb. 9: Dopplerkurve - 20 Stunden nach elektiver Operation	43

VIII. VERZEICHNIS DER TABELLEN

		Seite
Tab. 1:	Umrechnungstabelle: Frequenzverschiebung - Blutströmungsgeschwindigkeit	13
Tab. 2:	Gegenüberstellung: Patientengut Pilotstudie - kontrollierte Studie	30
Tab. 3:	Offenheitsrate zum 01.06.1983	31
Tab. 4:	67 Messungen an Ciminofisteln und PTFE-Interponaten	33
Tab. 5:	43 Messungen an Ciminofisteln	34
Tab. 6:	24 Messungen an PTFE-Interponaten	35
Tab. 7:	Zuordnung von Stenosegraden zur enddiastolischen Frequenzverschiebung	39
Tab. 8:	Anzahl der Fistel bei einer Stenose über 75 % oder unter 25 %	41
Tab. 9:	Enddiastolische Frequenzverschiebung in bestimmten zeitlichen Abständen	44
Tab. 10:	Enddiastolische Frequenzverschiebung vor und nach elektiver Operation	45
Tab. 11:	Enddiastolische Frequenzverschiebung vor und 6 Monate nach elektiver Operation	46
Tab. 12:	Angiographiebefunde vor und nach elektiver Operation	48
Tab. 13:	Zuordnung von Stenosegraden zur enddiastolischen Frequenzverschiebung	51

IX. DANKSAGUNG

Herrn Professor Dr. med. H. H. Edel danke ich für die freundliche Überlassung des Themas.

Herrn Oberarzt Dr. med. H. H. Riedhammer gilt mein besonderer Dank für die großzügige Unterstützung der Arbeit und für die stets hilfsbereite Zusammenarbeit.

Für seine Unterstützung bedanke ich mich auch bei Herrn Oberarzt Dr. med. Haas von der chirurgischen Abteilung des Krankenhauses Harlaching.

LEBENSLAUF

Gabriele Elisabeth Maria Ilmer, geb. Kröckel

10.11.1953	geboren in München als Tochter des Dekorationsmalermeisters Josef Kröckel und Elisabeth Kröckel, geb. Frank

Schulbildung:

1959 - 1962	Volksschule an der Schulstraße, München
1962 - 1963	Volksschule der Englichen Fräulein, München, Maria-Ward-Straße,
1963 - 1972	Neusprachlicher Zweig des Louise-Schröder-Gymnasiums, München, Nibelungenstraße

Praktische Ausbildung:

Nov. 1973 - 1977	Schwesternhelferin im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder, München, Romanplatz; im Krankenhaus des III. Ordens und der Krecke-Klinik, München, Nibelungenstraße

Studium:

WS 1972/73 und SS 1973	2 Semester Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität, München
WS 1977/78 - WS 1982/83	Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität, München
SS 1978	Physikum
SS 1979	1. Teil des Staatsexamens
SS 1981	2. Teil des Staatsexamens
WS 1982/83	3. Teil des Staatsexamens

1979	Heirat mit Dr.med. Friedrich Ilmer
1981	Geburt Sohn Matthias Ilmer
1983	Geburt Tochter Doris Ilmer
Oktober 1983	Gemeinschaftspraxis mit Dr.med. Friedrich Ilmer